

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

TVORBA ÚČELOVÉ MAPY LOKALITY VEVEŘÍ

CREATION OF THEMATIC MAP OF VEVEŘÍ LOCALITY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Raclavský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR KALVODA, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie, kartografie a geoinformatika
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	David Raclavský
Název	Tvorba účelové mapy lokality Veveří
Vedoucí práce	Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

ČSN 01 3411. Mapy velkých měřítek: Kreslení a značky. Praha: Vydavatelství norem, 1990. 108 s.

ČSN 01 3410. Mapy velkých měřítek: Základní a účelové mapy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. 14 s.

URBAN, J. Digitální model terénu. 1.vyd. Praha: ČVUT, 1991. 60 s. ISBN 80-010-0553-4.

HUML, M; MICHAL, J. Mapování 10. dotisk 2. přeprac. vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006. 320 s. ISBN 978-80-01-03166-7.

Manuály a uživatelské příručky sw Atlas DMT dostupné z WWW:

<http://www.atlasltd.cz/manualy.html>.

Technologický postup pro technickou nivelaci, Český úřad geodetický a kartografický, Praha 1984.

VÚGTK. Odborný slovník. Vugtk.cz [online]. © 2005-2012 [cit. 2012-1-16]. Dostupné

z: <http://www.vugtk.cz/slovník/>

Citační manažer Citace PRO dostupný z: <https://citace.lib.vutbr.cz/>

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Zaměřte tachymetricky danou část Björnsonova sadu a prostoru před Právnickou fakultou MU v Brně ve 3. třídě přesnosti dle ČSN 01 3410. Předmětem mapování jsou standardní prvky polohopisu, výškopisu a nadzemní znaky inženýrských sítí. Na základě získaných dat vypracujte účelovou mapu ve vhodném měřítku, souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Prvky obsahu mapy vyjádřete v souladu s ČSN 01 3411. Proveďte testování přesnosti dle ČSN 01 3410.

Mapu odevzdejte jak v tištěné podobě, tak elektronicky ve formátu *.dgn a *.pdf.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Výsledkem bakalářské práce je účelová mapa lokality Veveří nacházející se v městské části Brno-střed ve městě Brně, která bude sloužit pro výukové účely fakulty stavební VUT v Brně. Účelová mapa je zaměřena a vyhotovena v souladu s ČSN 01 3410 [5] a ČSN 01 3411 [9]. Podrobné měření bylo provedeno tachymetrickou metodou.

KLÍČOVÁ SLOVA

účelová mapa, tachymetrie, GNSS RTK, mapování

ABSTRACT

The result of the bachelor thesis is a thematic map of Veveří location located in the city Brno district of Brno-center, which will be used for teaching purposes for the Faculty of Civil Engineering BUT. The map surveyed and produced accordance with ČSN 01 3410 [5] and ČSN 01 3411[9]. Detailed surveying was performed by tacheometry method.

KEYWORDS

thematic map, tacheometry, GNSS RTK, mapping

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

David Raclavský *Tvorba účelové mapy lokality Veveří*. Brno, 2018. Brno, 2018, 43s., 10 příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 3. 2018

David Raclavský
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Petru Kalvodovi, Ph.D. za ochotu, při vysvětlování mých dotazů a za velmi užitečné poznámky a rady, které mi během vyhotovování práce sdělil. Dále chci poděkovat Lukášovi Foglovi, za pomoc při měření.

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Popis lokality Veverí.....	11
2.1	Popis a historie lokality.....	11
2.2	Současný stav lokality.....	12
3	Teoretický základ.....	13
3.1	Terminologie.....	13
3.2	Druhy map – dělení.....	13
3.3	Metody získávání dat o poloze bodu	15
3.3.1	Polární metoda.....	15
3.4	Metody pro získávání dat výšce bodu.....	15
3.4.1	Geometrická nivelace	15
3.4.2	Trigonometrické určení výšky.....	17
3.5	Metody pro získávání dat o polohopisu a výškopisu	17
3.5.1	GNSS RTK.....	17
3.5.2	Tachymetrie	18
3.6	Metody podrobného měření.....	18
3.7	Znázornění výškopisu v účelových mapách	19
3.7.1	Kótování	19
3.7.2	Technické šrafy.....	20
3.7.3	Vrstevnice	20
3.8	Měřický náčrt.....	21
3.9	Znázornění výškopisu s využitím programu Atlas DMT 4.70.4	23
3.10	Testování přesnosti teorie	24
3.10.1	Testování přesnosti souřadnic	24
3.10.2	Testování přesnosti výšek.....	25
4	Měřické práce.....	26
4.1	Použité přístroje a pomůcky.....	26
4.2	Přípravné práce, rekognoskace, zaměření a stabilizace pomocných měřických bodů	29
4.3	Podrobné měření	30

4.4	Kontrolní měření	33
5	Kancelářské práce	34
5.1	Výpočetní práce	34
5.2	Testování přesnosti	34
5.2.1	Výsledky testování přesnosti souřadnic	35
5.2.2	Výsledky testování přesnosti výšek.....	35
5.3	Grafické práce	36
6	Závěr	38
7	Seznam použité literatury	39
8	Seznam použitých zkratk	41
9	Seznam použitých obrázků	41
10	Seznam použitých tabulek	42
11	Seznam příloh	42

1 Úvod

Cílem bakalářské práce je vyhotovit účelovou mapu ve vhodném měřítku pro výukové účely fakulty stavební VUT.

Mapa má být vyhotovena ve 3. třídě přesnosti, dle ČSN 013410 [5]. Podrobné měření má být provedeno tachymetrickou metodou, se zaměřením standardních prvků polohopisu a výškopisu. Obsah mapy bude vyjádřen v souladu s ČSN 013411 [9].

Textová část bakalářské práce se dělí na dvě části. V první jsou popsány teoretické postupy, metody a kritéria využívaných při tvorbě účelových map. Druhou část tvoří popis skutečně provedených prací pro vyhotovení výsledné mapy.

2 Popis lokality Veverí

2.1 Popis a historie lokality

Zájmová lokalita Veverí se nachází v městské části Brno-Střed ve městě Brně. Tvoří jej Björnsonův sad s parkovištěm Veverí, prostranství před Právnickou fakultou Masarykovy univerzity a komunikace na ulici Veverí k nim přilehlou.

Björnsonův sad je ohraničen ulicemi Veverí, Zahradníkovou, Hrnčířskou. Obklopují jej tři vysoké školy. Právnická fakulta Masarykovy univerzity, Stavební fakulta Vysokého učení technického a budova velitelství Univerzity obrany.

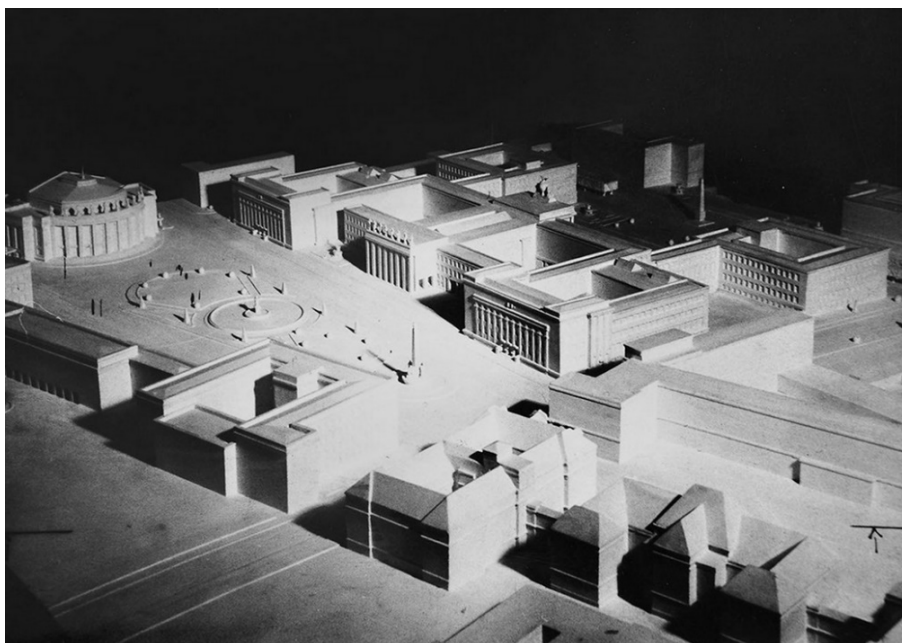


Obrázek 1 Snímek lokality Veverí. [25]

Dříve se místu říkalo Na Vyhlídce, to z toho důvodu, že v té době při pohledu z dnešního Konečného náměstí dál na sever nic nestálo v cestě. Na území dnešního Björnsonova sadu bylo původně vybudováno vojenské cvičiště. V období první světové války zde byly postaveny dřevěné pomocné budovy, které společně s budovou české školy technické tvořily válečnou nemocnici. Po skončení první světové války byly dřevěné stavby odstraněny a na tomto prostoru vznikly malé soukromé zahrádky, které zde byly až do poloviny 50. let 20. století. Po jejich odstranění zde vznikl provizorní park.

Pojmenování „Björnsonův sad“ bylo tomuto parku uděleno od roku 1992 při oslavě 160. výročí od narození norského básníka a filosofa Bjørnstjerna Bjørnsona.

První stavbou na severní straně ulice Veveří byl komplex České vysoké školy technické. Založil ji tehdejší císař František Josef I. v roce 1899 a slavnostně byla otevřena v roce 1911. Následně v roce 1928 začala vznikat budova Právnické fakulty Masarykovy univerzity, severně od Björnsonova sadu. Ta měla představovat jednu z budov rozsáhlého kampusu Masarykovy univerzity obklopující společně s centrální knihovnou a rozšířenými prostorami Vysokého učení technického takzvané „Akademického náměstí“. Výstavba však byla pozastavena hospodářskou krizí, spory o pozemky a také rozdílnými požadavky obou vysokých škol. Tento plán však nikdy nebyl dokončen. [1]



Obrázek 2 Plánované Akademické náměstí. [23]

Z jižní strany sad obklopují budovy polikliniky postavené v letech 1922-1924 a 1927-1928. Východní stranu sadu pak uzavírá budova Univerzity obrany, ta vznikla v letech 1928-1929. Nejnovější stavbou v blízkosti lokality je Moravská zemská knihovna stojící naproti severovýchodnímu rohu sadu, otevřená v roce 2001. [1]

2.2 Současný stav lokality

Od září roku 2014 do května 2015 probíhala rekonstrukce Björnsonova sadu. Byly postaveny nové a zpevněny stávající chodníky, provedeny sadové úpravy, dosadba dřevin a provedla se rekultivace trávníků. Nově zde také vzniklo dětské hřiště, fitness

hřiště a veřejné osvětlení, které zde doposud nebylo. Ve středu parku se nově také nachází tři obytné kontejnery. Jeden z nich je využit pro prodej občerstvení, další dva slouží jako sklad a WC.

V dubnu roku 2010 byla na prostranství před Právnickou fakultou Masarykovy univerzity umístěna a odhalena socha Edvarda Beneše. [2]

3 Teoretický základ

3.1 Terminologie

Mapa

Zmenšený, generalizovaný, konvenční obraz Země, kosmu, kosmických těles a jejich částí převedený do roviny pomocí matematicky definovaných vztahů (kartografickým zobrazením), ukazující v závislosti na daném účelu polohu, stav a vztahy přírodních, sociálně ekonomických, technických objektů a jevů, které jsou vyjádřeny vizuálně znakovým systémem. [3]

Plán

Zmenšený, generalizovaný, konvenční obraz malé části zemského povrchu, kdy se při průmětu do vodorovné roviny zanedbává zakřivení Země a neužívá se tedy žádné kartografické zobrazení. Plán pak vznikne jako svislý průmět předmětů měření do vodorovné roviny v měřítku, jež umožňuje zobrazení v takové míře podrobnosti, které plyne z požadavku na účel mapy. [3]

3.2 Druhy map – dělení

Z hlediska způsobu vyhotovení:

Mapy původní – Jsou to mapy, které vznikly na základě přímého měření některou z geodetických metod v terénu.

Mapy odvozené – Vyhotoveny na podkladě map původních, nebo map dříve odvozených.

Mapy částečně odvozené – Kombinují výše uvedené způsoby

[4]

Podle měřítka mapy

Mapy velkých měřítek do měřítka 1 : 5000 včetně

Mapy středních měřítek 1 : 10 000 – 1 : 200 000

Mapy malých měřítek od 1 : 200 000

[4]

V závislosti na obsahu mapy

Mapy základní – Jsou to mapy s všeobecně využitelným obsahem, stanovené náležitým předpisem. Vznikají převážně na základě přímého měření. Z nich mohou být odvozeny tematické mapy a mapy menších měřítek.

Mapy účelové – Obsahují kromě všeobecně využitelných prvků základní mapy i prvky šetření a měření pro konkrétní stanovený účel.

[5]

Podle kartografických vlastností

Konformní – Nezkreslují se úhly. Úhel naměřený ve skutečnosti odpovídá úhlu naměřenému na mapě. Nejvíce používané pro geodetické účely.

Ekvidistantní – Nezkreslují se délky v určitém směru. Využívané převážně pro zachování délek ve směru poledníků nebo rovnoběžek. Lze použít i pro předem definovaný obecný azimut.

Ekvivalentní – Stejnoploché. U těchto map se nezkreslují plochy.

Vyrovňovací – Zkreslení se projevuje ve všech veličinách (úhlu, délce ploše), ale dosahuje nižších hodnot, než v předchozích případech.

[4]

Podle výsledné formy mapy

Grafické – Vyhotovení mapy proběhlo bez zaznamenávání číselných údajů.

Digitální – Mapa je spravována jako soubor dat v počítačové formě, převážně rozdělena do vrstev podle tematicky zvoleného obsahu.

Číselnou – Tvoří grafická mapa spolu se seznamem souřadnic podrobných bodů, případně i seznamem výšek podrobných bodů.

[4]

3.3 Metody získávání dat o poloze bodu

1.2.1 Polární metoda

Metoda, při které určujeme polohu měřeného bodu v polárních souřadnicích. Princip metody spočívá v měření vodorovného úhlu a vodorovné vzdálenosti (v praxi se většinou měří zenitový úhel a šikmá vzdálenost, která se následně přepočte na vodorovnou).

3.4 Metody pro získávání dat výšce bodu

1.2.1 Geometrická nivelace

Metodou geometrické nivelace určujeme převýšení mezi dvěma body. Známe-li výšku jednoho z bodů, jsme schopni určit výšku druhého bodu. Podstatou metody je vytyčení vodorovné roviny, která je realizována nivelačním přístrojem. Tato rovina protíná stupnice na nivelačních latích, které jsou postaveny ve svislici na bodech, čímž dostáváme laťová čtení.

Geometrická nivelace ze středu

Přístroj je postaven uprostřed mezi dvěma latěmi. Je to nejvíce používaná metoda, protože umožňuje vyloučit chybu ze sklonu záměrné přímky, díky stejně dlouhým záměrům.

Často používanou metodou pro určení výšek bodů, které nejsou součástí nivelačních sestav, je nivelace stranou. Využívá se hojně při technické nivelaci. Z důvodu kontroly se takto určené výšky bodů musí zaměřit ještě z jiné nivelační sestavy. Není-li to možné, zaměří se bod podruhé v téže sestavě s tím, že se změní výška horizontu přístroje. Zde je nutné používat rektifikovaný přístroj, protože se případná chyba ze sklonu záměrné přímky nevyloučí. [6]

Geometrická nivelace vpřed

V tomto případě je přístroj postaven před obě latě, v blízké vzdálenosti jedné z latí. Tato metoda se v praxi skoro nepoužívá z důvodu neodstranění chyby ze sklonu záměrné přímky. Uplatnění nalézá jen výjimečně, a to výhradně při určování výšek bodů na stavbách. [6]

Dělení nivelačních útvarů

Nivelační sestava - stanoviště nivelačního přístroje s dvěma přestavovými¹ body.

Nivelační oddíl – soubor nivelačních sestav mezi počátečním a koncovým nivelačním bodem.

Nivelační úsek – je tvořen několika nivelačními oddíly.

Nivelační pořad – větší počet za sebou následujících nivelačních oddílů.

[13]

Zkouška nivelačního přístroje z osově podmínky $L \parallel Z$

Zkoušku je nutné vykonat před samotným měřením. U kompenzátorových přístrojů lze tuto podmínku formulovat tak že „kompenzátor má působit tak, aby vodorovná přímka procházela přesně středem nitkového kříže“. [14]

Přesto se obecně používá označení $L \parallel Z$ i pro kompenzátorové přístroje. Tato chyba se vyloučí při stejně dlouhých záměrách nivelací ze středu. Projeví se však při záměrách stranou. [8]

¹ Body sloužící pro postavení nivelační latě. Jsou zpravidla dočasně stabilizovány nivelační podložkou, nebo nivelačním hřebem.

1.3.2 Trigonometrické určení výšky

Výhoda této metody spočívá v rychlosti měření, výpočtu převýšení a také bod na němž je výška určovaná nemusí být přístupný. Výška bodu je pak vypočtena podle matematických vztahů platných v pravoúhlém trojúhelníku. Výchozími hodnotami bývá šikmá, nebo vodorovná délka mezi daným a určovaným bodem a měřený zenitový úhel. [6]

3.5 Metody pro získávání dat o polohopisu a výškopisu

1.4.1 GNSS RTK

Je to jedna z kinematických metod GNSS měření. Její princip spočívá ve společném zpracovávání fázových měření referenční stanice a přijímače. Aby bylo možné data z referenční stanice předat na přijímač, musí být zajištěno kontinuální spojení pro přenos dat mezi oběma aparaturami. Na tomto přijímači jsou následně data vyhodnocována s minimálním zpožděním, v podstatě v reálném čase.

Inicializace aparatury se provádí v pohybu, tudíž řešení ambiguit² vyžaduje velmi dobrá kódová měření, nejlépe na obou frekvencích. Rozhodující vliv na kvalitu kódového měření má tzv. multipatch efekt³, který se zde může vyskytnout. [15]

Při měření a zpracovávání výsledků, je nutné použít takové přijímače GNSS, zpracovatelské výpočetní programy a měřické postupy, které zajistí požadovanou přesnost výsledků. Také je nutné dodržovat zásady uvedené v dokumentaci přístroje.

Měření na bodě musí u kinematických metod a při měření v reálném čase obsahovat alespoň 5 záznamů.

Výsledná poloha bodu musí být určena ze dvou nezávislých měření technologií GNSS, nebo jedním výsledkem měření technologií GNSS a jedním výsledkem měření klasickou metodou.

² Celočíslná část počtu period nosné vlny, odpovídajících zdánlivé vzdálenosti mezi družicí GNSS a přijímačem. [12]

³ Vícecestné šíření signálu GNSS přímo přijatého z družice se signálem odraženým od překážky. Má za následek snížení přesnosti určování polohy přijímačem GNSS. [12]

Je-li výsledek měření určen ze dvou měření technologií GNSS, druhé měření musí být nezávislé tzn. nesmí se nacházet v časovém intervalu $-1+n.k;n.k+1$ hodin, kde k je počet dní v nezáporných číslech, $n=23,9333$ hodin pro GPS a $n=22,5000$ hodin pro GLONASS. V případě, že je hodnota parametru GDOP nebo PDOP větší, než 7,0 nelze tento postup použít a je nutné se řídit podle bodu 9.6 přílohy vyhlášky 31/1995 Sb. [11]

1.4.2 Tachymetrie

Princip tachymetrie spočívá v současném měření polohy a výšky bodu. Polohopis je měřen polární metodou, kdy orientované směry vytváří osnovu směrniců, ze kterých se následně určí souřadnice bodu. Výšku bodu získáme na základě trigonometrické metody. Měření probíhá v jedné poloze dalekohledu, přičemž měřenými veličinami jsou: horizontální orientovaný úhel, zenitový úhel a šikmá délka. U této metody je nutné měřit výšku stanoviska. [8]

V současné době se k tachymetrickému měření využívají totální stanice s měřením délek na hranol. Ty vykazují vysoký stupeň automatizace měření a zpracování výsledků oproti starším technologiím tachymetrického měření. Mezi tyto technologie řadíme tachymetrii: nitkovou, s dvojobrazovými dálkoměry, s diagramovými přístroji (odvozeny z nitkové tachymetrie), s busolními přístroji a se stolovou tachymetrii. Přístrojům používaným pro takové metody se říkalo souhrnně tachymetry. [8]

3.6 Metody podrobného měření

K podrobnému měření bývá nejčastěji používána polární metoda, nebo metoda GNSS. Jiné metody se uplatňují v případě, že k určení podrobných bodů není možné, nebo účelné použít metodu polární, nebo technologii GNSS. [16]

Polární metoda pro podrobné měření

U polární metody se zaznamenávají přímo měřené veličiny, kterými jsou vodorovný úhel a šikmá délka. Naměřené délky jsou následně přepočítány na vodorovné. Pokud je součet fyzikálních a matematických korekcí, větší než 0,02 m, je nutné opravit naměřené délky o tyto korekce. [16]

Při použití polární metody se také uplatňují polární kolmice a polární doměrek.

Polární kolmici lze použít v případech, kdy ze stanoviště není přímá viditelnost na podrobný bod. Odrazný hranol je umístěn tak, aby v průniku přímek stanoviště - odrazný hranol, odrazný hranol - podrobný bod vznikl pravý úhel. Následně se změří délka kolmice, to je vzdálenost mezi odrazným hranolem a podrobným bodem. Délka kolmice nesmí být větší než polovina vzdálenosti od stanoviště k odraznému hranolu, a zároveň nesmí být větší než 30 m.

Polární doměrek je vzdálenost, od podrobného bodu k odraznému hranolu ve směru přímky mezi odrazným hranolem a stanovištěm. Uplatnění nalézá v případě, kdy nelze umístit odrazný hranol přímo na podrobný bod, ale je možné ho umístit ve směru přímky mezi podrobným bodem a stanovištěm. Často bývá používán při měření vnitřních rohů budov. Doměrek se poté přičte k měřené vzdálenosti na hranol má-li být vzdálenost prodloužena. V případě, že má být vzdálenost zkrácena, doměrek se odečte.

3.7 Znázornění výškopisu v účelových mapách

1.2.1 Kótování

Tento způsob vyjádření výškopisu udává informace o absolutní, nebo relativní výšce bodových prvků obsažených v mapě. Absolutní výška bodu je svislá vzdálenost mezi nulovou hladinovou plochou a skutečným horizontem bodu. Relativní výška uvádí převýšení mezi dvěma body, tedy převýšení mezi dvěma skutečnými horizonty bodů a je doplněna znaménkem vzhledem k základní rovině 0. Uplatnění metoda nalézá při znázorňování převýšení u některých terénních útvarů. [3]

V některých případech a to převážně, když se absolutní kóty podrobných bodů překrývají, nebo jsou v těsné blízkosti u sebe, je možné tyto kóty redukovat a to např. tak, že se ponechají před desetinnou čárkou jen jednotky metrů. Tím se zvýší čitelnost a mapy.

Podrobné výškové body se do mapy umisťují jako bodový prvek podle normy ČSN 01 3411 značkou 9.12 až 9.14. Pokud je podrobný výškový bod totožný

s polohopisným bodem, uvedené značky se zpravidla nekreslí. K nim se uvede číselný údaj značící absolutní, nebo relativní výšku. Značkou 9.15 označujeme bod, k němuž se vztahuje výška prvního nadzemního podlaží. Výšku vodorovné hrany značíme pomocí značky 9.16. K oběma se uvede číselný výškový údaj černé barvy.

Nadmořské výšky bodů ČSJNS se v mapě neuvádějí. Nadmořské výšky bodů základního a podrobného polohového bodového pole, podrobného výškového pole, základního tíhového pole a výšky určené technickou nivelací se v mapě uvádějí v metrech na dvě desetinná místa. Výšky podrobných bodů na nezpevněném povrchu se zpravidla uvádějí na jedno desetinné místo a na zpevněném povrchu zpravidla na 2 desetinná místa. [9]

Nevýhodu metoda skýtá v nemožnosti vyvolání plastické představy o průběhu reliéfu.

1.6.2 Technické šrafy

Informují o náhlé změně sklonu reliéfu a jsou doplňovány relativními, nebo absolutními výškovými kótami. Využití nalézají tam, kde není možné, nebo účelné vyjádřit průběh výškopisu vrstevnicemi to je v místech s prudkým klesáním či stoupáním reliéfu. Zde by pak mohlo dojít k nedodržení předepsaného rozestupu vrstevnic v mapě a vrstevnice by splynuly. Také je lze použít v případě, kdy průběh vrstevnic nedostatečně zachycuje průběh sklonu reliéfu.

1.6.3 Vrstevnice

Jsou to svislé průsečnice terénního reliéfu s vodorovnými rovinami. Spojují body o stejné nadmořské výšce (ta je vztažena ke zvolené nulové hladinové ploše) a mají pravidelný interval. Ten je volen v závislosti na měřítku mapy, a průběhu reliéfu v zájmové oblasti. [3]

Vrstevnice můžeme rozdělit na základní, zdůrazněné, doplňkové a pomocné. Interval základních vrstevnic se podle ČSN 013411 volí zpravidla v rozsahu 1,00 m až 0,20 m. [9]

Zdůrazněné vrstevnice se kreslí tlustou čarou a používají pro lepší čitelnost ve vrstevnicovém obrazu. Obvykle v pětinasobku základního intervalu. Doplňkové vrstevnice se umísťují podle potřeby převážně v rovinnatém reliéfu, a to v polovičním nebo čtvrtinovém intervalu základních vrstevnic. Pomocné vrstevnice znázorňují pouze

orientační průběh reliéfu a většinou nebývají okóтовány. Uplatnění nalézají v místech, kde dochází k rychlým změnám reliéfu v čase. Pro rychlejší určení nadmořské výšky vrstevnic, je možné vrstevnice okóтовat. Nadmořské výšky vrstevnic se umísťují hlavou ve směru stoupání a v tomto místě se vrstevnice přeruší. Kóтуjí se převážně jen zdůrazněné vrstevnice.

Minimální rozestup vrstevnic je stanoven na 0,2 – 0,3 mm v mapě. Pokud je rozestup základních vrstevnic v mapě větší, než 10 cm použijí se doplňkové vrstevnice, nebo se změní interval základních vrstevnic.

Pro lepší orientaci směru sklonu reliéfu lze na vrstevnice umístit spádovky. Vyjadřují směr sklonu reliéfu tam, kde by to z průběhu vrstevnic nemuselo být zřejmé. Jsou to krátké čárky orientované ve směru klesání a umístěné v bodě největšího zakřivení vrstevnice. Často bývají použity na terénních tvarech. [3]

3.8 Měřický náčrt

Je vyhotovován jako podklad pro mapu přímo při měření v terénu. Měřítka měřického náčrtu musí být voleno tak, aby umožňovalo v dostatečné velikosti zobrazit potřebné údaje předmětů měření. Obecně se měřický náčrt se vyhotovuje tak, aby jeho měřítko nebylo menší než měřítko mapy, pro kterou je vyhotovován [3]. Optimální měřítko pro výškopisný měřický náčrt je zpravidla dvakrát větší než měřítko mapy.

Do náčrtu jsou zaznamenány popisné, grafické, a číselné informace. Jsou zde zakresleny zájmové polohopisné i výškopisné prvky. Také zaznamenáváme čísla bodů bodových polí a pomocné měřické body. Dvojitým podtržením se vyznačuje opakované určení podrobného bodu. Podrobné body se zobrazují ležatým křížkem v patřičné barvě.

Vyhotovuje-li se větší počet měřických náčrtů než 3, vytvoří se přehled kladu měřických náčrtů. [17]

Dělení náčrtů podle ohraničení

Blokový náčrt – je tvořen trvalými liniovými objekty (používaný v intravilánu).

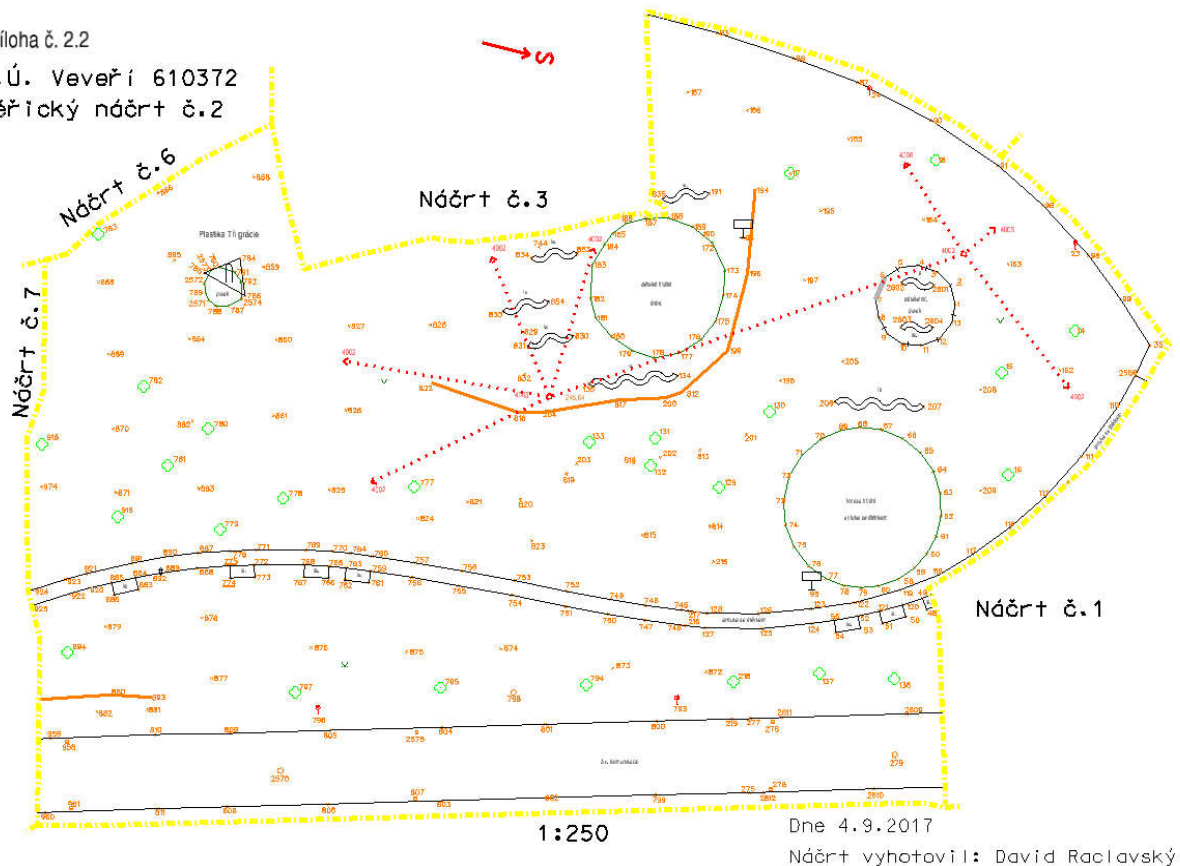
Rámový náčrt – představuje ohraničení vnitřními rámovými čarami mapového listu, nebo rovnoběžkami s nimi (využívaný převážně v extravilánu).

[17]

Příloha č. 2.2

K.Ú. Veverčí 610372

Měřický náčrt č.2



Obrázek 3 Ukázka blokového náčrtu vyhotoveného v programu MicroStation V8i (SELECTseries 4).

Dělení náčrtů podle obsahu

Polohopisný náčrt – obsahuje údaje o polohovém zaměření předmětů měření.

Výškopisný náčrt – zde jsou obsaženy údaje o výškopisném zaměření předmětů měření a další údaje o terénním reliéfu

[17]

Mimorámové údaje měřického náčrtu

- Název a číslo k.ú. je umístěno v levém horním rohu
- Orientace blokového náčrtu se umísťuje v horním rohu
- Čísla sousedních měřických náčrtů
- Měřítko náčrtu se udává uprostřed v dolním okraji
- Popisové pole je umístěno v dolním rohu

[17]

3.9 Znázornění výškopisu s využitím programu Atlas DMT

4.70.4

Před samým spuštěním programu Atlas DMT, je pro tvorbu vrstevnic potřebné vytvořit textový soubor s body, které budou sloužit pro samotné generování vrstevnic. Tento soubor obsahuje číslo, souřadnice a výšku bodu. Příponu souboru změníme na pbd. Dalším krokem je definování spojnic. Spojnice dělíme na:

Povinné - v kolmém i příčném směru vyhlazují reliéf a nevytvářejí ostré zlomy. Využití nalézají pro zvýraznění oblých hřebenů a údolí.

Lomové - Vytváří ostré zlomy, znázorňují se jimi terénní hrany. Způsobují ostrý zlom reliéfu v kolmém směru.

Přímé – Lze je použít pro modelování umělých tvarů např. základnových jam, kde je nutné dosáhnout rovných ploch.

Ostrovní - Ohraničuje oblast, ve které je negenerují vrstevnice. Znázorňuje lomovou a též okrajovou hranu ostrova. Používají se například u obvodu staveb, protože je nežádoucí, aby se vrstevnice vykreslovali uvnitř stavby.

Tyto spojnice je možné vytvořit přímo v programu Atlas DMT, přes patřičné nástroje. Jinou možností je vytvoření předpisu spojnic v textovém souboru. Spojnice v tomto souboru začíná. vždy tečkou a jejím označení např. „L“, což je označení pro lomovou hranu. Čísla bodů, přes které dané spojnice prochází, jsou zapsány do textového souboru na každém řádku zvlášť. Pro import do programu Atlas DMT je nutné přejmenovat příponu souboru na psp.

Také je možné vytvořit předpis spojnic ve formátu dxf např. v programu Microstation. Zde je nutné, aby různé typy spojnic byly kresleny jinými typy linií. Při importu předpisu spojnic do programu Atlas DMT se přiřazuje různý typ spojnice k různému typu linie.

Po importu bodů a vytvoření předpisu spojnic následuje krok, kdy volíme parametry vrstevnic. Míru „hladkosti“ vrstevnic představuje tzv. počet dílků. Vzhledem k tomu že vrstevnice jsou vytvářeny počítačem je nutné je ručně upravit. Proto vhodně nastavíme počet dílků. Další důležitý parametr, který volíme je interval základních vrstevnic a zdůrazněných vrstevnic. Tyto intervaly jsou závislé na výsledném měřítku mapy a průběhu reliéfu v zájmové oblasti.

Konečné vrstevnice doplníme popisem a výsledek exportujeme jako výkres v příponou dxf. Při exportu je nutné změnit souřadnice na modelové převrácené. [18]

3.10 Testování přesnosti teorie

Testování přesnosti je provedeno dle zásad ČSN 013410 [5], avšak v aktuálním vydání jsou některé vzorce chybně uvedeny. Výpočty byly provedeny podle vzorců uvedených v pokynu pro tvorbu účelové mapy. [16]

1.2.1 Testování přesnosti souřadnic

Přesnost souřadnic podrobných bodů se ověřuje:

- a) Testováním souřadnic z kontrolního měření délek přímých spojnic vybraných podrobných bodů, které se porovnají s délkami vypočtenými ze souřadnic.
- b) Testováním souřadnic nezávislým kontrolním měřením výběru podrobných bodů a porovnáním se souřadnicemi výslednými.

V tomto případě se postupuje tak, že se nejprve vypočtou souřadnicové rozdíly pro každý podrobný bod podle vztahu:

$$\Delta X = X_m - X_k; \quad \Delta Y = Y_m - Y_k \quad (1)$$

X_m a Y_m jsou výsledné souřadnice podrobného bodu, X_k a Y_k jsou značeny souřadnice stejného podrobného bodu určeného kontrolním měřením.

Dosažení stanovené přesnosti se testuje výběrovou směrodatnou souřadnicovou odchylkou s_{XY} .

$$s_{XY} = \sqrt{\frac{1}{2}(s_X^2 + s_Y^2)} \quad (2)$$

$$s_X = \sqrt{\frac{1}{k \times N} \sum_{j=1}^N \Delta X_{j=1}^2} \quad (3)$$

$$s_Y = \sqrt{\frac{1}{k \times N} \sum_{j=1}^N \Delta Y_{j=1}^2} \quad (4)$$

Koeficient k je roven 2 v případě, že kontrolní měření je určeno se stejnou přesností jako metoda měření polohopisu. Pokud má kontrolní měření podstatně vyšší přesnost tj. $\sigma_{XY} < 0,7 \times u_{XY}(5)$, je koeficient k roven 1.

Přesnost určení souřadnic se pokládá za vyhovující, když:

- a) polohové odchylky $\Delta p = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ (6) vyhovují kritériu $|\Delta p| = 1,7 \times u_{XY}$ (7)
- b) je přijata hypotéza, že přísluší stanovené třídě přesnosti, tj. výběrová směrodatná souřadnicová odchylka s_{XY} vyhovuje kritériu $s_{XY} \leq \omega_{2N} \times u_{XY}$ (8), u_{XY} představuje kritérium 0,14 pro 3. třídu přesnosti, hodnoty s_X, s_Y se vypočtou podle rovnice 3 a 4. Hodnoty koeficientu ω_{2N} jsou umístěny v tabulce 1 při hladině významnosti $\alpha=5\%$.

Tabulka 1. Testování přesnosti souřadnic podrobných bodů. Hodnoty koeficientu ω_{2N} stanovené počtem kontrolních bodů N .

N	ω_{2N}
100-300	1,1
301 a větší	1,0

1.9.2 Testování přesnosti výšek

Výšky podrobných bodů se ověří nezávislým kontrolním měřením s následným určením výšek kontrolních bodů. K testování přesnosti výšek podrobných bodů je nutné vypočítat rozdíly výšek původního a kontrolního měření.

$$\Delta H = H_m - H_k \quad (9)$$

H_m výška podrobného bodu

H_k výška téhož bodu určeného na základě kontrolního měření

Splnění požadované přesnosti se testuje pomocí výběrové směrodatné odchylky s_H .

$$s_H = \sqrt{\frac{1}{k \times N} \sum_{j=1}^N \Delta H_j^2} \quad (10)$$

V případě, kdy je kontrolní měření určené se stejnou přesností jako metoda určení výšek původního měření, hodnota koeficientu k bude rovna 2. Má-li kontrolní měření výrazně vyšší přesnost, tj. $m_H < 0,7 u_H$ (11), hodnota koeficientu k bude rovna 1. Parametr $u_H = 0,12$ m pro 3. třídu přesnosti.

Přesnost určení výšek je vyhovující, jsou-li splněny tyto požadavky:

- a) V případě, že

$$|\Delta H| \leq 2u_H \times \sqrt{k} \quad (12)$$

- b) je přijata hypotéza, kdy výběr odpovídá stanovené třídě přesnosti, výběrová směrodatná výšková odchylka vyhovuje kritériu

- na zpevněném povrchu

$$s_H \leq \omega_N \times u_H \quad (13)$$

- na nezpevněném povrchu

$$s_H \leq 3\omega_N \times u_H \quad (14)$$

- výšky určené z vrstevnic musí splňovat

$$s_H \leq \omega_N \times u_V \quad (15)$$

$u_H=0,12 \text{ m}$, $u_V=0,50 \text{ m}$ pro 3 třídu přesnosti.

Koeficient k má stejný význam jako v případě rovnice 9. Koeficient ω_N má na hladině významnosti $\alpha=5\%$ následující hodnoty:

Tabulka 2. Testování přesnosti výšek podrobných bodů. Hodnota koeficientu ω_{2N} stanovená počtem kontrolních bodů N .

N	ω_{2N}
80-500	1,1
501 a větší	1,0

4 Měřické práce

4.1 Použité přístroje a pomůcky

Totální stanice Trimble M3 v.č. D036261

Je mechanická totální stanice, která dosahuje úhlové přesnosti $2''$ a délkové přesnosti $2+2ppm \times d \text{ mm}$, což vyhovuje požadavkům na tvorbu účelové mapy ve 3. třídě přesnosti. Přístroj je vybaven softwarem Trimble Access, který nabízí snadno použitelné uživatelské rozhraní.

Tabulka 3. Parametry Totální stanice Trimble M3 (d označuje měřenou vzdálenost). [19]

Přesnost měření úhlů (vodorovná i zenitová) dle DIN 18723	$2''/0,5 \text{ mgon}$
Délková přesnost na hranol	$\pm(2+2ppm \times d) \text{ mm}$
Délková přesnost při bezhranolovém měření	$\pm(3+2ppm \times d) \text{ mm}$



Obrázek 4 Totální stanice Trimble M3.

GNSS přijímač Trimble R4 v.č. 5329440578

Tato GNSS aparatura umožňuje v režimu RTK s připojením na jednu základnu do 30 km dosáhnout přesnosti viz. tabulka 4, což při dodržení technologického postupu vyhovuje požadavku, aby rozdíl souřadnic dvojího nezávislého určení pomocného měřického bodu nepřesáhl hodnotu 0,15 m. [16]

Aparatura se skládá z dvou frekvenční antény, která je umístěna na dvoumetrové tyči a kontrolní jednotky, vybavené softwarem Trimble Access.

Tabulka 4. Hodnoty pro metodu RTK s připojením na jednu základnu do 30 km pro GNSS aparaturu Trimble R4. [20]

Poloha	<i>8 mm + 1 ppm RMS</i>
Výška	<i>15 mm + 1 ppm RMS</i>



Obrázek 5 Aparatura GNSS Trimble R4.

Nivelační přístroj Topcon AT-G4 v.č. AR4300

Technické požadavky přístroje odpovídají požadavkům pro technickou nivelaci. Střední kilometrová chyba dvojité nivelace daného přístroje je $\pm 2 \text{ mm}$. [21]

Kritérium pro přesnost určení výšek podrobných bodů stanovuje ČSN 01 3410 [5]. S uvažováním, že přesnost určení výšek použitých pro vyhotovení mapy a z kontrolního měření bude stejná a, že výsledná mapa má být vyhotovena v 3. třídě přesnosti, dosáhne mezní odchylka rozdílu výšky mezi prvním a kontrolním měřením pro zpevněný povrch 0,34 m. V případě použití výše uvedené totální stanice, dodržení technologického postupu měření a při měření podrobných bodů na optimální vzdálenost bude dosažená přesnost mnohem vyšší. Výšky pomocných měřických bodů tedy není nutné určovat na milimetry.

Použité pomůcky

- Dřevěný stativ pro totální stanici
- Odrazný hranol
- Svinovací metr o délce 5 m
- Teleskopická tyč pro přijímač GNSS
- Hliníkový stativ pro nivelační přístroj

- Teleskopická nivelační lať
- Nivelační podložka

4.2 Přípravné práce, rekognoskace, zaměření a stabilizace pomocných měřických bodů

Před zahájením rekognoskace byly vyhledány body polohového bodového pole, nacházející se v lokalitě a její blízkosti. K nim byly opatřeny geodetické údaje z webových stránek ČÚZK. [22] Dalším podkladem bylo ortofoto lokality zajištěné opět z webových stránek ČÚZK. [7]

S využitím výše zmíněných podkladů byla dne 4.9.2017 provedena rekognoskace zájmového území. Byly vybrány vhodné pozice pro pomocné měřické body a území bylo rozděleno do dvanácti měřických blokových náčrtů. Měřítka kresby odpovídá přibližně měřítku 1:250. Náčrt tvořil čistý papír A3, na který byla zakreslena polohopisná i výškopisná situace zájmového území a další patřičné údaje. Následovalo ověření bodů PPBP, které se nachází na Fast VUT a na Právnické fakultě MU pomocí oměrných měr uvedených v místopisech jednotlivých bodů. Pomocné měřické body byly vhodně zvoleny s ohledem na okolní terén, a určení jejich souřadnic. Body nebyly umísťovány do těsné blízkosti předmětů, které by mohly ovlivnit kvalitu GNSS měření. Jejich stabilizace se provedla trvale měřickým hřebem, nebo dočasně dřevěným kolíkem. V obou případech je hlava měřického hřebu, či dřevěného kolíku v úrovni okolního reliéfu. Poloha těchto bodů byla určena technologií GNSS-RTK ve dnech 7.9.2017 - 8.9.2017 s využitím sítě CZEPOS. V patřičném časovém rozestupu bylo vykonáno druhé měření. Funkčnost permanentních stanic, byla ověřena vždy v den měření na webových stránkách monitoringu permanentních stanic [24].

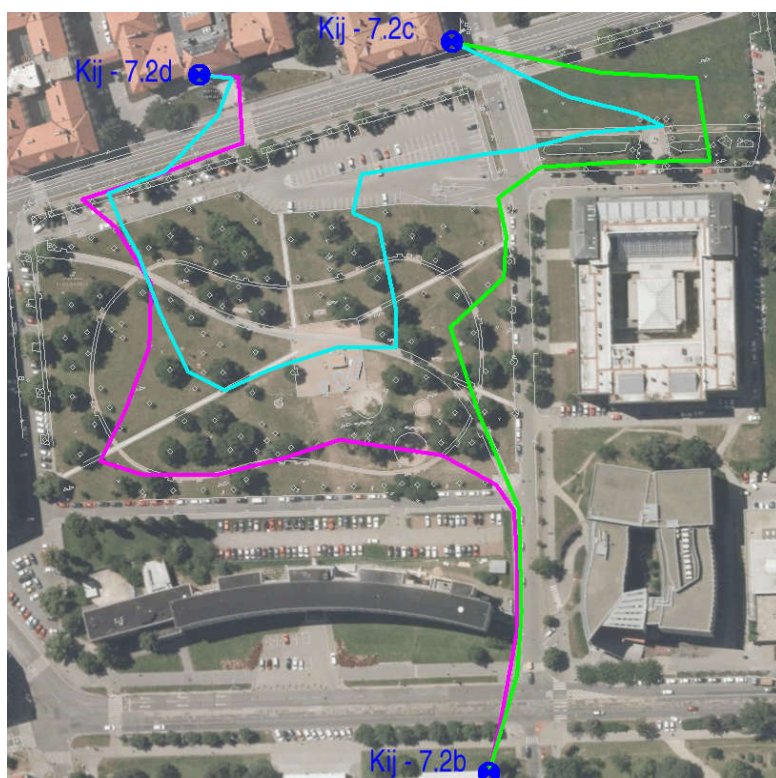
Výškové připojení pomocných měřických bodů do Bpv proběhlo technickou nivelací, dne 19.2.2018. Byl použit optický nivelační přístroj Topcon AT-G4 v.č. AR4300.

Použité výchozí body byly ověřeny podle geodetických údajů [22]. Ověření výšek v systému Bpv bylo u těchto bodů provedeno třemi, na sobě nezávislými nivelačními oddíly. Před samotným měřením byla vykonána zkouška nivelačního přístroje, a to konkrétně z osově podmínky $L \parallel Z$. Zjištěná odchylka činila 2 mm na 60 metrů. Tato chyba se vyloučila použitím metody geometrické nivelace ze středu při stejně dlouhých záměrech. Záměry stranou se o tuto chybu neopravovaly. Chyba se na

krátké záměře téměř neprojeví a výšky pomocných měřických bodů jsou určované se zaokrouhlením na centimetry. Tudíž to není nutné.

Následovalo samotné měření. Pomocné měřické body byly zaměřeny přestavově, nebo dvakrát stranou (z důvodu vyhnutí se hrubé chybě při čtení stranou). První nivelační oddíl vycházel z bodu Kij – 7.2d a byl ukončen na bodě Kij – 7.2b. Druhý nivelační oddíl začínal na bodě Kij – 7.2b. a končil na bodě Kij – 7.2c. Třetí nivelační oddíl započal na Kij – 7.2c s ukončením na bodě Kij – 7.2d. Odchylky mezi daným a měřeným převýšením splnily kritérium pro jednostranně měřený oddíl technické nivelace.

Výsledné výšky pomocných měřických bodů se byly zaokrouhleny na centimetry.



Obrázek 6 Přibližné vedení nivelačních oddílů.

4.3 Podrobné měření

Dne 4.9.2017 - 15.3.2018 proběhlo polohopisné a výškopisné podrobné měření zájmových prvků obsahu mapy v rozsahu podrobnosti vztažného měřítka mapy 1 : 500. Mimo standardní prvky byly po dohodě s vedoucím práce také měřeny koše, lavičky, kontejnery umístěné v parku a sloužící jako kavárna, WC, sklad. Betonové zátarasy umístěné na severní straně parkoviště Veverčí byly měřeny taktéž. Rozlišovací úroveň podrobných útvarů předmětů polohopisu je 0,1 m.

Mapování proběhlo dle ČSN 013410 [5]. ve třetí třídě přesnosti. Komunikace byly měřeny v průniku obručníku s rovinou komunikace. Stromy, veřejné osvětlení,

stožáry, sloupky, PRIS, koše a ostatní prvky, které nelze v mapě zobrazit skutečným tvarem byly měřeny středem a v mapě zobrazeny mapovou značkou. Naměřené údaje se zaznamenaly automatickou registrací v totální stanici Trimble M3. Úhly byly měřeny na 4 desetinná místa v grádech, délky na 3 desetinná místa v metrech. Fyzikální korekce byly zavedeny v přístroji. Konstrukční oměrné míry byly zapsány do měřického náčrtu.

V případech, kdy nebyla přímá viditelnost na podrobný bod, nebo na odrazný hranol umístěný na tomto bodě byla použita metoda polární kolmice. Polární doměrky byly použity taktéž. Hodnoty polárních doměrků a polárních kolmic se zaváděly přímo v přístroji.

V průběhu měření byly určeny souřadnice bodu 4023 metodou rajonu z dříve stabilizovaných pomocných měřických bodů. Výška tohoto bodu se určila trigonometricky.

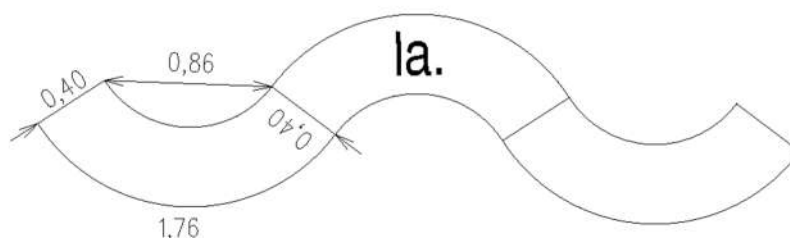
Popis a ukázky zaměření některých prvků

Betonové zátarasy byly měřeny dvěma body, ve středu kratších stran zátarasu. V případech, kdy takovéto zaměření nebylo možné, zaměření bylo provedeno na rohy obdélníku dolní podstavy.



Obrázek 7 Betonový zátaras. Červené křížky znázorňují umístění odrazného hranolu při měření.

Růžové betonové lavičky nacházející se v Björnsonově sadu byly zaměřeny dvěma body, vždy na nejvzdálenější body lavičky od sebe. Tyto lavičky se skládají z několika menších obloukových betonových bloků. Oměrné míry jsou vztaženy k jednomu bloku lavičky. Ostatní lavičky byly zaměřeny betonovou podestou, nebo jako obvod jejich betonových patek.



Obrázek 8 Zaměření růžové betonové lavičky. Červené křížky znázorňují umístění odrazného hranolu při měření.

Betonové sloupky byly zaměřeny středem, přičemž se odrazný hranol umisťoval přímo na střed sloupku. K výšce hranolu byla vždy přičtena výška sloupku nad reliéfem.

Betonové skruže a válce umístěné v severní části lokality byly zaměřeny středem a průměrem.

Keře před Právnickou fakultou MU byly měřeny obvodem v zimním období.

Fitness hřiště a větší dětské hřiště bylo zaměřeno obvodem. Železné, nebo dřevěné konstrukce umístěné na této ploše nebyly předmětem měření.



Obrázek 9 Fitness hřiště nacházející se v Björnsonově sadu.

Tramvajové koleje byly měřeny uprostřed žlabu kolejnice.

4.4 Kontrolní měření

Dne 29.3.2018 proběhlo zaměření pomocných měřických bodů pro kontrolní měření technologií GNSS. Jejich výška je určena technickou nivelací. Tyto body byly určeny nezávisle na měření použitém pro tvorbu účelové mapy. Všechny byly stabilizovány dočasně. Podrobné kontrolní měření se uskutečnilo dne 15.3. a 20.3.2018. Předmětem měření byly identické body, které tvořily reprezentativní výběr z celého zájmového území.

Aby byly kontrolní body rovnoměrně rozloženy po území, zaměřili se v místech bez kvalitních identických bodů i některé vhodně vybrané stromy.

5 Kancelářské práce

5.1 Výpočetní práce

Výpočet výsledných souřadnic pomocných a kontrolních bodů z GNSS měření

Rozdíl souřadnic při dvojím nezávislém určení pomocných měřických bodů nepřesáhl mezní hodnotu rozdílu souřadnic. Výsledné souřadnice jsou tedy jejich průměrem.

Výpočet výšek pomocných měřických bodů (Bpv)

Ihned po ukončení měření oddílu byla vypočtena dosažená odchylka mezi známými body oddílu. Ta nepřesáhla hodnotu mezní odchylky technické nivelace pro jednosměrně měřený nivelační oddíl. Následně byla odchylka rozdělena na největší záměry vzad. To z toho důvodu, že při vyšší záměře se více projeví chyba z nepřesného urovnání latě do svislice, než u záměr nižších. Výšky bodů měřených stranou, byly vypočteny jako průměr z dvojího určení. Výsledné nadmořské výšky pomocných bodů určené geometrickou nivelací byly zaokrouhleny na centimetry a považovány za konečné. Nadmořské výšky určené technologií GNSS slouží pouze jako kontrola, že měření neobsahuje hrubé chyby.

Výpočet souřadnic a výšek podrobných bodů (S-JTSK, Bpv)

Výpočet souřadnic podrobných bodů byl proveden v programu Groma v.12. Naměřené hodnoty byly v tomto programu opraveny o matematické korekce (fyzikální korekce byly zavedeny v přístroji).

5.2 Testování přesnosti

Kompletní výpočet je uveden v příloze č.7. Celkový počet testovaných bodů dosáhl hodnoty 207. Tyto body byly testovány souřadnicově i výškově. Výsledky kontrolního měření jsou porovnány se souřadnicemi bodů použitých při tvorbě mapy a přehledně sestaveny v tabulkovém editoru Microsoft Excel.

3.2.1 Výsledky testování přesnosti souřadnic

Dosažená výběrová směrodatná souřadnicová odchylka $S_{XY} [m]$	Mezní souřadnicová odchylka dána vztahem $\omega_{2n} \times u_{xy} [m]$ (16)	Stanovená podmínka $S_{XY} \leq \omega_{2n} \times u_{xy} [m]$ (17)
0,03	0,15	Splněno

Tabulka 5 Porovnání dosažené výběrové směrodatné souřadnicové odchylky s mezní souřadnicovou odchylkou. $\omega_{2n}=1,1$ a $u_{xy}=0,14 [m]$.

Nejvyšší dosažená polohová odchylka dosáhla hodnoty 0,15 m, přičemž mezní hodnota je 0,24 m. Podmínka $|\Delta p| \leq 1,7 \times u_{xy}$ (7) je **splněna**.

3.2.2 Výsledky testování přesnosti výšek

Počet bodů na zpevněném povrchu 192, počet testovaných výšek jednotlivých stromů 15. Vzhledem k tomu, že rozdíly mezi prvním a kontrolním měřením výšek stromů jsou v řádech jednotek centimetrů, a splňují kritérium stanovené pro rozdíl prvního a kontrolního měření na zpevněném povrchu, byly tyto body testovány jako body na zpevněném povrchu.

Výběrová směrodatná výšková odchylka $S_H [m]$	Mezní výšková odchylka dána vztahem $\omega_n \times u_h [m]$ (18)	Stanovená podmínka $S_H \leq \omega_n \times u_H [m]$ (19)
0,01	0,13	Splněno

Tabulka 6. Porovnání dosažené výběrové směrodatné výškové odchylky s mezní výškovou odchylkou. $\omega_n=1,05$ a $u_{xy}=0,12 [m]$. Odchylky stanoveny pro výšky na zpevněném povrchu.

Nejvyšší dosažený výškový rozdíl nabył hodnoty 0,12 m. Mezní hodnota rozdílu prvního a kontrolního měření je 0,34 m. Podmínka $|\Delta H| \leq 2 \times u_H \times \sqrt{k}$ (12) je **splněna**.

5.3 Grafické práce

Tvorba vrstevnic v programu Atlas DMT 4.70.4

Předpis spojnic byl vyhotoven jako v textovém editoru. V oblastech, kde vrstevnice špatně vystihovaly reliéf, nebo nedokázaly vytvořit dostatečný vjem o změně průběhu reliéfu, byly zde použity technické šrafy. Vzhledem k měřítku mapy a průběhu reliéfu v zadané lokalitě, byl zvolen interval vrstevnic 1 m. Interval zdůrazněných vrstevnic je 5 m. V některých místech vzdálenost základních vrstevnic v měříku mapy přesahuje 50 m, proto jsou v tomto území vygenerovány vrstevnice doplňkové, a to v polovičním intervalu vrstevnic základních.

Po importu podrobných bodů, předpisu hran a vytvoření modelu terénu byly vykresleny pracovní vrstevnice. Nyní bylo možné vidět, že u pěti bodů jsou chybně určené výšky, což se projevilo různými závrty a nereálným průběhem vrstevnic v těchto místech. Po kontrole zápisníku měření bylo zjištěno, že výška hranolu u těchto bodů je nesprávná. Po této opravě byly vygenerovány vrstevnice konečné a doplněny popisem. Výsledek se uložil do formátu dxf..

Využití programu MicroStation V8i (SELECTseries 4)

V programu MicroStation V8i (SELECTseries 4) byly vyhotoveny výsledné měřické náčrty, a to z důvodu špatné čitelnosti originálů. Dále zde byl vyhotoven přehled kladu měřických náčrtů, přehledný náčrt PPBP a pomocné měřické sítě, geodetické údaje trvale stabilizovaných pomocných měřických bodů, přehled kladu výkresů účelové mapy a samotná mapa.

Tvorba mapy

Souřadnice bodů byly importovány za pomoci nástavby Groma do programu MicroStation V8i (SELECTseries 4), kde se následně vyhotovila kresba. Byla použita knihovna buněk s názvem *geo1000_V8* a knihovna druhů čar *gisoft_v8*. Tyto druhy čar, mapové značky a popis odpovídají atributové šabloně pro vztažné měřítko mapy 1:500 a jsou v souladu s ČSN 01 3411 [9]. Ta byla poskytnuta vedoucím práce a naimportována do programu MicroStation V8i (SELECTseries 4). Umožnila rychlejší práci při vyhotovování kresby. Pro odpadkové koše byla vytvořena nová mapová značka. Růžové betonové lavičky jsou zkonstruovány z několika betonových bloků, přičemž

jeden betonový blok je vytvořen z oměrných měř. Výsledný útvar je orientován na dva zaměřené body lavičky.

Všechny útvary zobrazující lavičky v mapě jsou doplněné popisem la. – lavička. Popisy, zkratky a mapové použité v účelové mapě odpovídají normě ČSN 01 3411 [9]. Nově vytvořené jsou navrženy tak, aby této normě neodporovaly. Veškeré využití druhů čar, mapové značky a zkratky jsou uvedeny v legendě mapy.

Výšky podrobných bodů na nezpevněném terénu jsou v mapě zobrazeny na decimetry. Vrstevnice vyhotovené v programu Atlas DMT 4.70.4 byly naimportovány do MicroStationu V8i (SELECTseries 4), kde byly dále ručně generalizovány tak, aby jejich průběh co nejvíce odpovídal skutečnosti.

Na požadavek vedoucího bakalářské práce zde byly vyneseny pomocné měřické body zaměřené a stabilizované pracovníky ústavu geodézie na VUT Fast. Tyto body jsou označeny předponou „GED“ a samotným číslem bodu. Výsledná kresba byla doplněna o křížky čtvercové sítě S-JTSK a o mimorámové údaje.

Topologická a atributová kontrola výsledné mapy se uskutečnila prostřednictvím nástavby Mgeo.

Tisk mapy

Po konzultaci s vedoucím práce byl zvolen pro tištěnou podobu výsledné mapy, formát A2, kdy měřítko mapy v papírové podobě bude 1:500. Vzhledem k tomu, že je plocha kresby v tomto měřítku větší, než tisková plocha jednoho mapového listu A2, byla mapa rozdělena na dva mapové listy formátu A2 s částečným překrytím. Pro názornost situace byl vytvořen přehled kladu výkresů účelové mapy.

6 Závěr

Výsledným výstupem bakalářské práce je papírová podoba mapy v měřítku 1:500 rozkládající se na dvou výkresech a mapa v elektronické podobě vedená ve formátu dgn. Prvky obsahu mapy jsou v souladu s ČSN 01 3411 [9], nebo nově vytvořeny tak, aby jí neodporovali.

Souřadnice podrobných bodů jsou vedeny v samostatném souboru ve formátu dgn, který je možné připojit k elektronické podobě mapy v programu MicroStation.

Mapa má sloužit jako podklad pro studijní účely, a to konkrétně vyučujícím a studentům na VUT Fast.

Zaměření polohopisu a výškopisu mapy proběhlo tachymetrickou metodou, ze stanovisek, u kterých byla poloha určena metodou GNSS a výška technickou nivelací. U bodu 4023 byla poloha určena rajonem a výška trigonometricky.

Pro 10 pomocných měřických bodů, které byly trvale stabilizovány, byly vyhotoveny geodetické údaje. Tyto body je tedy možné dále využít. Celkový počet podrobných bodů je 2729. Při kontrolním zaměření identických bodů bylo naměřeno celkem 207.

Všechny souřadnicové výstupy jsou uvedeny v S-JTSK, výšky jsou vztaženy k systému Bpv. Výběrová směrodatná souřadnicová odchylka činí 0,03 m výběrová směrodatná výšková odchylka dosahuje hodnoty 0,01 m. Obě odchylky splňují kritérium pro 3. třídu přesnosti podle ČSN 01 3410 [5].

K výpočtu souřadnic byl využit program Groma v.12, tvorba vrstevnic proběhla v programu Atlas DMT 4.70.4. a kresba byla vyhotovena v programu MicroStation V8i (SELECTseries 4).

7 Seznam použité literatury

- [1] Björnsonův sad - Brno park [online]. [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://www.krasnecsko.cz/lokality/28838-bj%C3%B6rnsonuv-sad-brno-park.html>
- [2] Opravený Björnsonův sad [online]. [cit.2018-01-10]. Dostupné z: <http://www.salina-brno.cz/novinky/839-opraveny-bj-rnsonuv-sad-ozivi-kavarna-s-programem>
- [3] HUML, Milan a Jaroslav MICHAL. *Mapování 10*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02113-0.
- [4] Kalvoda, P.: *Mapování*. Přednášky z předmětu GE-10 Mapování I, Fakulta stavební, VUT. Brno 2016. [online]. [cit. 2018-01-20].
- [5] ČSN 013410 *Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [6] NEVOSÁD, Zdeněk. *Geodezie II*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2004.
- [7] Prohlížeč služby – WMS. [online]. [cit.2017-09-01]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(mhry45dvy3brcqctpvij1qip\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&text=WMS.verejne.uvod&head_tab=sekce-03-gp&menu=311](http://geoportal.cuzk.cz/(S(mhry45dvy3brcqctpvij1qip))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&text=WMS.verejne.uvod&head_tab=sekce-03-gp&menu=311)
- [8] VONDRÁK, Jiří. *Geodezie II*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2004.
- [9] ČSN 013411 *Mapy velkých měřítek. Kreslení a značky*. Praha: Český normalizační institut, 1991.
- [10] NEVOSÁD, Zdeněk. *Geodezie III*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2004.
- [11] Vyhláška č. 31/1995 Sb., kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením
- [12] VUGTK [online]. Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/slovník/>
- [13] Metody nivelace [online]. [cit. 2018-01-14]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch11s05.html>

- [14] Zkoušky a rektifikace nivelačních přístrojů [online]. [cit.2018-01-14]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html-old/ch11s03.html>
- [15] ŠVÁBENSKÝ, O.;WEIGEL, J.;MACHOTKA,R.: *Seminář GPS: Metodika GPS měření a vyhodnocení*. Brno, 2007. 140s
- [16] Kalvoda, P.: *Pokyn pro tvorbu účelové mapy*. Brno 2011. 21s
- [17] Kalvoda, P.: *Měřický Náčrt*. Přednášky z předmětu GE-10 Mapování I, Fakulta stavební, VUT. Brno 2016. [online]. [cit. 2018-01-20].
- [18] Braun, J.: *Zjednodušený návod k programu Atlas DMT*. Fakulta stavební ČVUT v Praze. [online]. [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: http://k154.fsv.cvut.cz/~skorepa/Navod_Atlas_DMT_4_20_8.pdf
- [19] Totální stanice Trimble M3 [online]. [cit.2017-09-04]. Dostupné z: http://geotronics.cz/wp-content/uploads/2016/05/022543-155J-CZE_TrimbleM3_DS_A4_0414_LR-00000002.pdf
- [20] Trimble R4 GNSS systém [online]. [cit.2018-09-07]. Dostupné z: http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-534007/022543-490F-CZE_TrimbleR4GNSS_DS_1014_LR.pdf
- [21] Nivelační přístroj Topcon AT-G4 [online]. [cit.2018-02-18]. Dostupné z: http://www.geoserver.cz/nivelacni-pristroje-akcni-sety-prislusenstvi-stativy-late/opticke-nivelacni-pristroje/nivelacni_pristroj_topcon_at_g4_bonus-119
- [22] Zeměměřický Úřad: *Databáze bodových polí*. [online]. [cit.2015-05-21]. Dostupné z: <http://bodovapole.cuzk.cz/>
- [23] Plánované Akademické náměstí. [online]. [cit.2018-01-31]. Dostupné z: http://kaviar.fa.vutbr.cz/animace/nepostavene-brno_3/univerzitni-kampus-pocatek-vystavby_9/
- [24] Monitoring permanentních stanic. [online]. Dostupné z: <http://oko.pecny.cz/monitor/>
- [25] Snímek lokality Veveří. Facebook [online]. [cit.2018-01-31]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=1497985460249496&set=a.119408004773922.8936.100001141688127&type=3&theater>

8 Seznam použitých zkratek

Bpv	Výškový systém baltský po vyrovnání
CZEPOS	Síť permanentních stanic České Republiky
ČSJNS	Československá jednotná nivelační síť
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
Fast	Fakulta stavební
GDOP	Parametr geometrické přesnosti
GLONASS	Globální družicový polohový systém
GNSS	Globální navigační satelitní systém
GPS	Globální polohový systém
MU	Masarykova univerzita
PDOP	Parametr přesnosti polohy
ppm	Parts per milion
RTK	Real time kinematic
S-JTSK	Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
UNOB	Univerzita obrany
VUT	Vysoké učení technické

9 Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 Snímek lokality Veveří. [25]	11
Obrázek 2 Plánované Akademické náměstí. [23]	12
Obrázek 3 Ukázka blokového náčrtu vyhotoveného v programu MicroStation V8i (SELECTseries 4).....	22
Obrázek 4 Totální stanice Trimble M3.	27
Obrázek 5 Aparatura GNSS Trimble R4.....	28
Obrázek 6 Přibližné vedení nivelačních oddílů.....	30
Obrázek 7 Betonový zátaras. Červené křížky znázorňují umístění odrazného hranolu při měření.	31
Obrázek 8 Zaměření růžové betonové lavičky. Červené křížky znázorňují umístění odrazného hranolu při měření.....	32
Obrázek 9 Fitness hřiště nacházející se v Björnsonově sadu.	33

10 Seznam použitých tabulek

Tabulka 1. Testování přesnosti souřadnic podrobných bodů. Hodnoty koeficientu ω_{2N} stanovené počtem kontrolních bodů N.	25
Tabulka 2. Testování přesnosti výšek podrobných bodů. Hodnoty koeficientu ω_{2N} stanovená počtem kontrolních bodů N.	26
Tabulka 3. Parametry Totální stanice Trimble M3 (d označuje měřenou vzdálenost). [19]	26
Tabulka 4. Hodnoty pro metodu RTK s připojením na jednu základnu do 30 km pro GNSS aparaturu Trimble R4. [20]	27
Tabulka 5. Porovnání dosažené výběrové směrodatné souřadnicové odchylky s mezní souřadnicovou odchylkou. $\omega_{2n}=1,1$ a $u_{xy}=0,14$ [m].....	35
Tabulka 6. Porovnání dosažené výběrové směrodatné výškové odchylky s mezní výškovou odchylkou. $\omega_n=1,05$ a $u_{xy}=0,12$ [m]. Odchylky stanoveny pro výšky na zpevněném povrchu.....	35

11 Seznam příloh

Tištěné přílohy

1. Účelová mapa

1.1 Přehled kladu výkresů účelové mapy

1.2 Účelová mapa výkres 1

1.3 Účelová mapa výkres 2

2. Náčrty

2.1 Přehled kladu měřických náčrtů

2.3 Přehledný náčrt PPBP a pomocné měřické sítě

3. Technická zpráva

8. Geodetické údaje

Digitální přílohy

1. Účelová mapa

- 1.1 _Přehled kladu výkresů účelové mapy (.pdf,.dgn)
- 1.2 _Účelová mapa výkres 1 (.pdf,.dgn)
- 1.3 _Účelová mapa výkres 2 (.pdf,.dgn)

2. Náčrty

- 2.1 _Přehled kladu měřických náčrtů (.pdf)
- 2.2 _Měřické náčrty (.pdf)
- 2.3 _Přehledný náčrt PPBP a pomocné měřické sítě (.pdf,.dgn)

3. Technická zpráva (.pdf)

4. Zápisníky

- 4.1 _Zápisník měření (.pdf)
- 4.2 _Zápisník technické nivelace (.pdf)

5. Protokoly

- 5.1 _Protokol GNSS (pomocné měřické body) (.pdf)
- 5.2 _Protokol GNSS (kontrolní pomocné měřické body) (.pdf)
- 5.3 _Protokol o výpočtu zápisníku měření (.pdf)
- 5.4 _Protokol o výpočtu zápisníku kontrolního měření (.pdf)

6. Seznamy souřadnic

- 6.1 _Seznam souřadnic (pomocných měřických bodů) (.txt)
- 6.2 _Seznam souřadnic (kontrolních pomocných měřických bodů) (.txt)
- 6.3 _Seznam souřadnic podrobných bodů (.txt)
- 6.4 _Seznam souřadnic podrobných kontrolních bodů (.txt)

7. Testování přesnosti

- 7.1 _Ověření YX (.xlsx)
- 7.2 _Ověření H (.xlsx)

8. Geodetické údaje (.pdf)

9. Body (.dng)

10. Knihovna buněk s buňkou „odpadkový koš“ (.cel)